



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 42 03 447 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**G 06 F 15/64**  
A 61 B 6/00

⑳ Aktenzeichen: P 42 03 447.7  
㉑ Anmeldetag: 7. 2. 92  
㉒ Offenlegungstag: 12. 8. 93

DE 42 03 447 A 1

㉑ Anmelder:  
Digital Diagnostik in Deutschland GmbH, 7800  
Freiburg, DE

㉒ Vertreter:  
Goy, W., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 7800 Freiburg

㉓ Erfinder:  
Wittmer, Thomas, 7800 Freiburg, DE; Zahn, Walter,  
7815 Kirchzarten, DE; Jesch, Claus-Peter, 7831  
Sasbach, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zur Digitalisierung von analogen Röntgenbildern in der Röntgendiagnostik

⑤7 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Digitalisierung von analogen Röntgenbildern in der Röntgendiagnostik. Dabei wird das als Vorlage dienende analoge Röntgenbild optisch abgetastet und die so gewonnenen Intensitäts-Analogwerte in Digitalwerte transformiert. Man geht dabei nicht von einem im herkömmlichen Sinne optimal belichteten Röntgenbild aus, sondern es wird als analoges Röntgenbild ein Röntgenbild verwendet, welches durch Strahlendosisreduktion unterbelichtet ist. Dadurch erhält man eine bessere diagnostische Leistungsfähigkeit.

DE 42 03 447 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Digitalisierung von analogen Röntgenbildern in der Röntgendiagnostik, bei dem das als Vorlage dienende analoge Röntgenbild optisch abgetastet und die so gewonnenen Intensitäts-Analogwerte in Digitalwerte transformiert werden. — Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Bei diagnostischen Fragestellungen in der Medizin werden heutzutage noch die meisten Röntgenbilder konventionell erstellt. Durch eine Hintergrundbelichtung mittels eines Leuchtkastens kann dann der Arzt das ihm vorliegende Röntgenbild betrachten und seine Diagnose stellen. In zunehmendem Maße kommt jedoch ein digitales Verfahren mit einer sekundären Röntgenbilddigitalisierung zur Anwendung. Dies bedeutet, daß die herkömmliche, analoge Röntgenbildvorlage mittels eines Scanners optisch abgetastet und die analogen Intensitätswerte in entsprechende Digitalwerte transformiert und auf einem entsprechenden Speichermedium abgespeichert werden. Das vormalige analoge Röntgenbild liegt somit in digitalisierter Form vor und kann mittels moderner Mikroprozessortechnik bearbeitet und dabei insbesondere auch auf einem Bildschirm wiedergegeben werden, so daß der Arzt auf diese Weise die Diagnose vornehmen kann.

Die diagnostische Leistungsfähigkeit hängt bei Röntgenbildern neben anderen Faktoren entscheidend von der Strahlendosis ab, mit der der Röntgenfilm belichtet wird. Ist die Bestrahlungszeit zu lang, so ist der Röntgenfilm überbelichtet und die Konturen auf dem Röntgenbild erscheinen zu dunkel. Umgekehrt, ist die Bestrahlungszeit zu kurz, so ist der Röntgenfilm unterbelichtet und das Röntgenbild ist zu hell dargestellt, so daß entsprechend die Konturen zu hell erscheinen. In beiden Fällen ist die diagnostische Leistungsfähigkeit nicht optimal, so daß der Arzt unter Umständen die gewünschte Information aus dem Röntgenbild nicht herauslesen kann. Ziel muß es somit sein, die diagnostische Leistungsfähigkeit so hoch wie möglich zu setzen, dabei aber die Strahlenbelastung des Patienten möglichst gering zu halten. Zur Erzielung einer optimalen diagnostischen Leistungsfähigkeit ist also eine bestimmte Strahlendosis notwendig. Daran gekoppelt ist eine bestimmte Strahlenbelastung für den Patienten. Zur Optimierung wurden bei konventionellen Röntgenfilmen Richtlinien ermittelt, die die Strahlenexpositionszeit festlegen, so daß man mit diesen Normen eine ideale Belichtung des Röntgenfilms mit einer bestmöglichen diagnostischen Leistungsfähigkeit erhält.

Davon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren zur Bereitstellung von Röntgenbildern in der Röntgendiagnostik bei zumindest gleichbleibender Bildqualität unter Reduzierung der Strahlenbelastung für den Patienten zu schaffen; weiterhin soll eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens geschaffen werden.

Als technische Lösung wird mit der Erfindung verfahrensmäßig vorgeschlagen, daß ein analoges Röntgenbild verwendet wird, welches durch Strahlendosisreduktion unterbelichtet ist.

Ein nach dieser technischen Lehre ausgebildetes Verfahren zur Bereitstellung von Röntgenbildern in der Röntgendiagnostik hat in völlig überraschender Weise den Vorteil, daß trotz einer Strahlendosisreduktion und somit einer verminderten Strahlenbelastung für den Patienten in paradoxer Weise ein besseres digitalisiertes

Röntgenbild auf dem Bildschirm wiedergegeben wird bzw. werden kann, als dies mit nach dem bisherigen Verständnis optimal belichteten Röntgenfilmen möglich war. Für die Digitalisierung des analogen Röntgenbildes wird dabei von einem Röntgenbild ausgegangen, welches bewußt unterbelichtet, also zu hell ist. Beurteilungskriterium, daß die analoge Röntgenbildvorlage unterbelichtet ist, ist eine Abweichung zu einem helleren Röntgenbild hin, und zwar ausgehend von einem optimal belichteten analogen Röntgenbild für eine konventionelle Diagnose unter Zuhilfenahme eines Leuchtkastens zur Erzielung einer optimalen diagnostischen Leistungsfähigkeit. Eine Unterbelichtung ist somit dann gegeben, wenn die von den Richtlinien angegebene Strahlendosis bzw. Strahlenexpositionszeit zur Optimierung eines konventionellen Röntgenbildes unterschritten wird. Es hat sich somit gezeigt, daß trotz einer intensitätsschwächeren und damit helleren Röntgenbildvorlage durch die Digitalisierung auf dem Bildschirm ein Röntgenbild erhalten werden kann, das in seiner Qualität besser ist, als wenn der Röntgenfilm "optimal" belichtet worden wäre. Durch eine entsprechende Anpassung der Gradationsstufen an die Helligkeitskontraste im Röntgenbild kann diese Optimierung des auf dem Bildschirm wiedergegebenen, digitalisierten Röntgenbildes erzielt werden.

Vorzugsweise beträgt die Unterbelichtung ungefähr 30 bis 60%. Die Größe der Unterbelichtung hängt von den aufzunehmenden Bereichen ab. Größenordnungsmäßig kann aber gesagt werden, daß man mit ungefähr der Hälfte der bisher sonst üblichen Strahlendosis auskommt, um damit noch bessere Röntgenbilder zu erhalten. Entsprechend ist die Strahlenbelastung für den Patienten auf die Hälfte gesenkt. Selbstverständlich ist es in bestimmten Fällen denkbar, daß die Unterbelichtung außerhalb des angegebenen Bereiches liegt.

Ausgehend von einer Vorrichtung mit einer Einrichtung, welche das als Vorlage dienende analoge Röntgenbild unter optischer Abtastung digital aufzeichnet und speichert sowie gegebenenfalls auf einem Bildschirm sichtbar macht, wird zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgeschlagen, daß die Einrichtung eine Basiseinrichtung ist, der mit dieser sowie gegebenenfalls untereinander logistisch verknüpfte, modularartige Zusatzeinrichtungen zur weiteren Bearbeitung der digitalisierten Bilder zugeordnet sind.

Dieses System läßt sich auf der Basis der modernen Mikroprozessortechnik problemlos realisieren und eröffnet die Möglichkeit, ausgehend von einer unterbelichteten analogen Röntgenbildvorlage Röntgenbilder in effektiver Weise digital zu verarbeiten, um trotz Strahlenreduzierung zu einem optimalen Röntgenbild zu gelangen, wobei die "Verarbeitung" im weitesten Sinne zu verstehen ist. Das erfindungsgemäße System kann somit selbst in einer kleinen Arztpraxis sinnvoll eingesetzt werden, da das Modulsystem ein für die jeweiligen Bedürfnisse komplettes System ermöglicht, da der Anwender die Möglichkeit hat, die einzelnen Komponenten des Systems mit den modularartigen Zusatzeinrichtungen individuell nach seinen Bedürfnissen auszuwählen. Alle Komponenten können dabei in bestehende Systeme integriert werden, so daß eine Flexibilität in hohem Maß gegeben ist. Ein wichtiger Aspekt hierbei ist, daß die Einrichtungen zwar räumlich voneinander getrennt sind, daß sie aber logistisch miteinander verknüpft sind. Darüber hinaus bietet die Mikroprozessortechnik eine Reihe weiterer Vorteile, wie beispielsweise Netzwerkfähigkeit, Vielfalt erhältlicher Software, modularer Auf-

bau etc.

In einer bevorzugten Weiterbildung wird vorgeschlagen, daß die logistische Verknüpfung der modulartigen Zusatzeinrichtungen mit der Basiseinrichtung sowie gegebenenfalls untereinander durch ein separates Transfermedium erfolgt, welches in der Basiseinrichtung mit dem digitalisierten Bild beispielbar sowie in die entsprechenden Zusatzeinrichtungen für die weitere Bearbeitung einsetzbar ist. Durch dieses portable Bildtransfermedium ist eine preiswerte Möglichkeit der Kommunikation ohne komplexe Netzwerkverwaltung ermöglicht. Vorzugsweise erfolgt dabei die Basisabspeicherung dabei in der Basiseinrichtung des Systems beispielsweise auf einer optischen Platte, von wo aus dann eine Datenkopie auf das Transfermedium erfolgt. Anschließend ist eine gemeinsame Versendung von Bild sowie gegebenenfalls Text und Ton problemlos möglich.

Vorzugsweise ist das Transfermedium eine Wechselplatte. Durch eine derartige Bildkassette lassen sich eine Vielzahl von digitalisierten Röntgenbildern eventuell mit Text und Ton speichern.

Alternativ zu dem separaten Speichermedium wird in einer Weiterbildung vorgeschlagen, daß die logistische Verknüpfung der modulartigen Zusatzeinrichtungen mit der Basiseinrichtung sowie gegebenenfalls untereinander über ein Leitungssystem, insbesondere über ein bestehendes Telefonsystem erfolgt. Auch dadurch ist eine einfache Möglichkeit geschaffen, damit die Einrichtungen des Systems untereinander kommunizieren können, ohne daß ein spezielles Netzwerk installiert werden muß.

Eine weitere bevorzugte Weiterbildung schlägt vor, daß zum Speichern sowie automatischen Sichern der digitalisierten Daten des Bildes gleichzeitig eine bedienerspezifische Codierung für den Datenschutz vorgesehen ist. Den Auflagen des Datenschutzes wird somit durch die bedienerspezifische Codierung entsprochen, und zwar bei allen Systemkomponenten. Da die Sicherung gleichzeitig während der Abspeicherung in der Basiseinheit erfolgt, muß bei Betätigen der Zusatzeinrichtungen jeweils eine entsprechende Berechtigung vorgeschaltet werden, bevor die Daten zugänglich gemacht werden. Dies beruht auf der Idee des device-sharing: Mehrere Ärzte können eine Basiseinrichtung gemeinsam nutzen, ohne daß Verwechslungen von patientenspezifischen Daten oder arzt spezifischen Datenspeicher vorkommen können.

Vorzugsweise ist für die Codierung eine separate Code-Karte vorgesehen. Dies stellt eine einfache Möglichkeit dar, um die jeweilige Einrichtung für den jeweils richtigen Bediener zugänglich zu machen.

Eine weitere bevorzugte Weiterbildung schlägt vor, daß die Abtasteinrichtung für die optische Abtastung für die Bildvorlage durch einen CCD-Zeilensensor erfolgt. Dieser CCD-Zeilensensor (Charge-Coupled-Device) arbeitet auf der Basis des Photoeffektes, indem die durch Ionisierung erzeugte Ladung ausgelesen wird.

Eine weitere bevorzugte Weiterbildung der Abtasteinrichtung für die optische Abtastung der Bildvorlage schlägt vor, daß diese derart mit Abstand oberhalb eines Leuchtkastens zur Ausleuchtung der Bildvorlage angeordnet ist, daß die Bildvorlage sichtbar ist. Die Anordnung ist somit ähnlich der eines Overhead-Projektors, wobei der Leuchtkasten gleichzeitig derart nutzbar ist, daß die Bildvorlage, beispielsweise das Röntgenbild, ohne weiteres betrachtet werden kann, ohne auf die digitale Wiedergabe auf dem Bildschirm angewiesen zu sein.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der Basiseinrichtung

schlägt vor, daß diese eine Einrichtung zur Optimierung des Bildes während des Prozesses der Digitalisierung in Abhängigkeit von dem Bildmotiv aufweist. Die Optimierung des Röntgenbildes hinsichtlich verschiedener Gradationskurven sowie Histogrammausgleich hängt von der jeweiligen medizinischen Fragestellung ab, beispielsweise ob eine Diagnose anhand einer Beckenaufnahme oder anhand einer Thoraxaufnahme vorgenommen werden soll.

Die Optimierung erfolgt dabei vorzugsweise mittels eines Prescans und anschließender Bearbeitung der eingescannten Daten.

Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung der Basiseinrichtung schlägt vor, daß nach der Digitalisierung automatisch eine Filterung mit optimalen Filterparametern durchführbar ist. Diese Kantenanhebung nach dem Einscannen erfolgt in Abhängigkeit von der diagnostischen Fragestellung. Dem Arzt liegt somit automatisch neben der Originalaufnahme gleichzeitig ein auf die optimalen Filterparameter eingestelltes Bild vor.

Ein Problem bei der Digitalisierung von Bildern stellt die Rauschunterdrückung dar. Der Hintergrund dieses Effektes ist die Tatsache, daß zur Filmdigitalisierung neben dem bereits erwähnten CCD-Zeilensensor noch ein sogenannter Analog-Digital-Wandler entscheidend ist. Die derzeit benutzten 10 bit A-D-Wandler ermöglichen aufgrund ihrer Speichertiefe 1024 verschiedene Graustufen. Aufgrund von Rauscheffekten bei der Messung kann dieser Bereich jedoch nicht signifikant ausgeschöpft werden, sondern wird durch das Signal-Rausch-Verhältnis bestimmt, welches als dynamischer Bereich bezeichnet wird und bei etwa 500 liegt. Aus diesem Grunde wird in einer Weiterbildung zur Rauschunterdrückung des Bildes vorgeschlagen, daß vorzugsweise während des Scannings mehrere digitalisierte Meßpunkte zu einem Meßpunkt mittelbar sind. Um dies zu erreichen, kann die übliche Matrixgröße von 2048 · 2048 Punkten auf 4096 · 4096 Punkte vervierfacht und anschließend je 4 Punkte zu einem gemittelt werden. Dies hat für die Rauschunterdrückung einen ähnlichen Effekt wie die Mittelung über 4 Messungen am selben Objekt. Dadurch ergibt sich dann ein dynamischer Bereich von ca. 900.

Weiterhin wird in einer Weiterbildung der Basiseinrichtung vorgeschlagen, daß diese eine Einrichtung zum Anlegen eines Bildarchivs mit Verwaltung aufweist. Ein derartiges Bildarchiv mit Patientenverzeichnis ermöglicht einen schnellen und unkomplizierten Zugriff zu den gespeicherten Bildern.

Eine bevorzugte Weiterbildung der Erfindung schlägt eine erste modulartige Zusatzeinrichtung zur speziellen Bearbeitung des digitalisierten Bildes, wie insbesondere Filterung, Kantenanhebung, Zoom, Fenstertechnik, Vermessung, Kontrastoptimierung, farbige Darstellung des Kantenbildes mittels Farbcodierung vor. Diese Möglichkeiten für die digitale Bildbearbeitung ermöglichen es dem Arzt, eine optimale Diagnose zu stellen. Dabei spielt die Falschfarbencodierung des digitalisierten Bildes eine bedeutende Rolle, wobei insbesondere die farbige Darstellung des Kantenbildes mittels einer Farbcodierung die Diagnose erleichtert. Zur Betätigung des Zooms kann beispielsweise mittels einer Tastatur ein steuerbares Fenster einen Ausschnitt selektieren, der dann vergrößert an der Seite des Bildes sichtbar ist.

Eine bevorzugte Weiterbildung dieser ersten modulartigen Zusatzeinrichtung schlägt vor, daß dieser eine Einrichtung zur Sprachaufzeichnung sowie Sprachspei-

cherung auf dem gleichen Medium wie für die Bildspeicherung zugeordnet ist. Bild und Befund sind somit in einem Vorgang abgelegt, indem der gesprochene Befund sofort digitalisiert und dem digitalen Bild hinzugefügt wird. Für die Sprachaufzeichnung kann dabei ein Mikrophon dienen, wie es bei Diktiergeräten eingesetzt wird.

In einer weiteren Weiterbildung der Erfindung wird eine zweite modularartige Zusatzeinrichtung zum Ausdruck des digitalisierten Bildes sowie gegebenenfalls zur Niederlegung eines schriftlichen Kommentars zu dem Bild sowie gegebenenfalls zur Wiedergabe eines gesprochenen Kommentars zu dem Bild vorgeschlagen. Die Niederlegung eines schriftlichen Kommentars zu dem Bild kann über eine geeignete Textverarbeitung erfolgen. Somit ist ein gemeinsamer Ausdruck von Befund und Bild möglich, was eine wichtige logistische Forderung erfüllt.

Eine Weiterbildung dieser zweiten modularartigen Zusatzeinrichtung schlägt vor, daß diese einen Speicher zur Archivierung von Bild und Text aufweist.

Eine weitere Weiterbildung der Erfindung schlägt eine dritte modularartige Zusatzeinrichtung zum internen oder externen Versenden oder Empfangen des digitalisierten Bildes sowie gegebenenfalls eines schriftlichen und/oder gesprochenen Kommentars zu dem Bild vor. Dadurch ist eine Gesamteinheit für Bild, Text und Ton geschaffen, welche universell an der jeweils gewünschten Stelle eingesetzt werden kann. Dies eröffnet für wissenschaftliche Diskussionen oder beratende Funktionen ganz neue Dimensionen. Man macht sich dabei den Umstand zunutze, daß die internationale Vernetzung für die elektronische Datenübertragung immer mehr an Bedeutung gewinnt. Dabei werden die Möglichkeiten des Datenaustausches durch das ISDN-Verteilernetz der Deutschen Bundespost erheblich gesteigert.

Eine Weiterbildung hiervon schlägt vor, daß zwischen der Sende- und der Empfangsstation ein Dialog möglich ist. Dies kann beispielsweise derart aussehen, daß von der Sendestation aus eine Markierung, beispielsweise ein Pfeil auf dem Bildschirm der Empfangsstation bewegbar ist, um auf bestimmte Stellen hinweisen zu können.

Eine vierte modularartige Zusatzeinrichtung wird für die Bildarchivierung vorgeschlagen. Dadurch werden die Archivierungsmöglichkeiten des Gesamtsystems erweitert.

Weiterhin wird in einer fünften Zusatzeinrichtung eine Monitorwand für die Darstellung des digitalisierten Bildes vorgeschlagen. Diese eignet sich außerordentlich gut für Arztbesprechungen und Bildkonferenzen.

Eine weitere Weiterbildung des erfindungsgemäßen Systems schlägt vor, daß mehrere digitale Bilder gemeinsam auf einem Bildschirm mosaikartig darstellbar sind und daß aus diesen digitalen Bildern eines für eine Vergrößerung auf dem Bildschirm auswählbar ist. Dadurch kann der Arzt schnell einen Überblick über die zur Verfügung stehenden Röntgenaufnahmen gewinnen, um dann eines für diagnostische Zwecke auszuwählen, indem es beispielsweise durch eine Mausbedienung angesteuert wird.

Schließlich wird die Verwendung einer Falschfarbencodierung insbesondere von Röntgenbildern zur Schaffung von künstlerischen Bildern vorgeschlagen. Bei diesen künstlerischen Bildern handelt es sich dabei um Farbgrafiken und dabei insbesondere um Computergrafiken. Dies stellt eine einfache und darüber hinaus effektive Möglichkeit zur Schaffung von künstlerischen Bil-

dern dar, wobei Manipulationen an dem zu schaffenden Bild ohne weiteres durchgeführt und auch wieder rückgängig gemacht werden können.

Die vorbeschriebenen Merkmale der Erfindung in all ihren Weiterbildungen, wie sie auch nachfolgend in den Ansprüchen 1 bis 23 zum Ausdruck kommen, stellen für sich jeweils eigenständige Erfindungen dar, welche unabhängig von den anderen Merkmalen und dabei insbesondere unabhängig von der erfindungsgemäßen Lehre gemäß dem Hauptanspruch sind.

Ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Digitalisierung von analogen Röntgenbildern in der Röntgendiagnostik und anschließender Bearbeitung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen beschrieben. In diesen zeigt:

Fig. 1 einen schematischen Gesamtablauf des Gesamtsystems;

Fig. 2 ein grafisches Schaubild.

Das radiologische Diagnose- und Kommunikationssystem besteht aus fünf verschiedenen Einheiten, nämlich aus einer Basiseinrichtung 1 sowie aus drei Zusatzeinrichtungen 2 bis 4, wobei eine vierte Zusatzeinrichtung für die Bildarchivierung sowie eine fünfte Zusatzeinrichtung in Form einer Monitorwand nicht dargestellt sind.

In Fig. 1 ganz oben ist die Basiseinrichtung 1 dargestellt. Diese besteht aus einer Abtasteinrichtung 5 für die Digitalisierung einer Bildvorlage 6, bei der es sich im dargestellten Ausführungsbeispiel um einen konventionellen Röntgenfilm handelt, der von einem ebenfalls angeordneten Menschen 7 für diagnostische Zwecke angefertigt wurde. Der Abtasteinrichtung 5 ist ein Leuchtkasten 8 zugeordnet, auf der die Bildvorlage 6 liegt und wobei die Abtasteinrichtung 5 mit Abstand oberhalb des Leuchtkastens 8 und damit der Bildvorlage 6 angeordnet ist. Dies bringt den Vorteil mit sich, daß die Bildvorlage 6 bei ihrer Auflage auf dem Leuchtkasten 8 betrachtet werden kann.

Die Abtasteinrichtung 5 für die Digitalisierung der Bildvorlage 6 weist neben einem CCD-Zeilensensor einen Analog-Digital-Wandler mit 1024 verschiedenen Graustufen auf. Aufgrund von Rauscheffekten bei der Messung kann dieser Bereich jedoch nicht signifikant ausgeschöpft werden, sondern wird durch das Signal-Rausch-Verhältnis bestimmt, welches als dynamischer Bereich bezeichnet wird und bei etwa 500 liegt. Um diesen dynamischen Bereich auf ca. 900 zu erhöhen und um damit eine Rauschunterdrückung durchzuführen, wird statt eines Scans mit 2048·2048 Punkten ein Scan mit 4096·4096 Punkten durchgeführt und dann je 4 Meßpunkte zu einem Meßpunkt gemittelt, was für die Rauschunterdrückung einen ähnlichen Effekt wie die Mittelung über vier Messungen am selben Objekt hat. Dadurch ergibt sich dann der bereits erwähnte dynamische Bereich von ca. 900, der jedoch von Messung zu Messung leicht variiert.

Bereits während des Prozesses der Digitalisierung der Bildvorlage 6 wird abhängig von der jeweiligen medizinischen Fragestellung (Becken, Thorax etc.) ein Prozeß zur Bildoptimierung (verschiedene Gradationskurven, Histogrammausgleich) durchgeführt. Dies erfolgt mit Hilfe eines Prescans und anschließender sofortiger Bearbeitung der zeilenweise eingescannten Daten. Das Besondere an der Digitalisierung der analogen Bildvorlage 6 ist, daß das Röntgenbild im Vergleich zu den konventionellen Röntgenbildern unterbelichtet, also zu hell ist. Diese zu helle Röntgenbildvorlage wird durch eine Strahlendosisreduktion und damit durch eine gerin-

gere Strahlungsbelastung für den Patienten erreicht. Trotz der unterbelichteten Röntgenbildvorlage erhält man nach der Digitalisierung ein Röntgenbild mit einer besseren diagnostischen Leistungsfähigkeit, als wenn der Arzt ein nach den Richtlinien optimal belichtetes analoges Röntgenbild in herkömmlicher Weise im Leuchtkasten betrachten würde.

Dieses Paradoxon soll anhand Fig. 2 erläutert werden. Dort ist in dem Schaubild auf der Abszisse die Strahlendosis und damit die Strahlenbelastung des Patienten und auf der Ordinate die diagnostische Leistungsfähigkeit aufgetragen. Die Kurve K1 zeigt die beiden Abhängigkeiten bei einem konventionellen Röntgenfilm. Dabei ist bei der Strahlendosis S1 ein Optimum bei der diagnostischen Leistungsfähigkeit erreicht, während links davon der Röntgenfilm zu hell und rechts davon der Röntgenfilm zu dunkel ist, so daß die Konturen nicht mehr so gut unterschieden werden können, was zu einer verminderten diagnostischen Leistungsfähigkeit führt.

Die Kurve K2 zeigt die Verhältnisse bei dem vorliegenden erfindungsgemäßen System, bei dem die analoge Röntgenbildvorlage mittels eines entsprechenden Scanners optisch abgetastet und in eine digitale Form übergeführt wird. Dabei ist erkennbar, daß in überraschender Weise bei einer geringeren Strahlendosis S2 die optimale diagnostische Leistungsfähigkeit erreicht wird. Nach konventionellen Kriterien (Kurve K1) wäre somit die analoge Röntgenbildvorlage unterbelichtet, d. h. zu hell und wäre unter Umständen für eine konventionelle Diagnose unter Zuhilfenahme eines Leuchtkastens nicht verwertbar. Mit dem erfindungsgemäßen System wird paradoxerweise eine diagnostische Leistungsfähigkeit erreicht, die oberhalb der mit der konventionellen Methode erreichbaren diagnostischen Leistungsfähigkeit liegt. Mittels einer geringeren Strahlendosis und somit einer geringeren Strahlenbelastung für den Patienten wird somit eine bessere diagnostische Leistungsfähigkeit erreicht.

Nach der Digitalisierung wird automatisch eine Filterung mit optimalen Filterparametern in Abhängigkeit von der diagnostischen Fragestellung durchgeführt. Dem Arzt liegt somit ein optimal eingestelltes Bild vor.

Das so digitalisierte Bild 9 der Bildvorlage 6 ist auf einem Bildschirm 10 der Basiseinrichtung 1 sichtbar.

Im Anschluß an die Digitalisierung erfolgt unter Sicherung das Anlegen eines Bildarchives mit Patientenverzeichnis. Die Speicherung erfolgt dabei auf einer optischen Platte. Dieses Speichermedium, welches im übrigen nicht überschreibbar ist und auch nicht gelöscht werden kann, ist in der Basiseinrichtung 1 fest integriert und ein Bestandteil von diesem. Nichtsdestoweniger ist es denkbar, die optische Platte der Basiseinrichtung 1 zu entnehmen. Die automatische Sicherung der digitalisierten Daten auf der optischen Platte kann zielerzweckmäßig sein. Hierin besteht die Idee des device-sharing, bei der mehrere Ärzte die Basiseinrichtung 1 gemeinsam nutzen können, ohne daß Verwechslungen von patientenspezifischen Daten oder arzt-spezifischen Datenspeichern vorkommen können.

Neben der fest zu der Basiseinrichtung 1 gehörenden optischen Platte gibt es noch ein Transfermedium 11 in Form einer Wechselplatte. Auf dieses Transfermedium 11 sind die auf der optischen Platte der Basiseinrichtung 1 gespeicherten, digitalisierten Daten unter Sicherung kopierbar. Das Transfermedium 11 stellt die logistische Verknüpfung der Basiseinrichtung 1 mit den Zusatzeinrichtungen 2 bis 4 dar, wie nachfolgend näher auszufüh-

ren sein wird.

Von der Basiseinrichtung 1 sind die Zusatzeinrichtungen 2 bis 4 räumlich getrennt, jedoch logistisch verknüpft. Die logistische Verknüpfung erfolgt durch das zuvor erwähnte Transfermedium 11 in Form einer Bildkassette, welche schematisch in der Zeichnung angedeutet ist. Dies bedeutet, daß das Transfermedium 11 mit dem darin gespeicherten, digitalisierten Bild 9 der jeweiligen Zusatzeinrichtung 2 bis 4 zugeführt und das gespeicherte Bild 9 herausgelesen werden kann, wie dies in der Zeichnung angedeutet ist. Ebenso wie die Basiseinrichtung 1 bestehen dabei die Zusatzeinrichtungen 2 bis 4 aus Modulen, welche entsprechend für die jeweiligen Zwecke modifiziert sind.

Mittels der Zusatzeinrichtung 2 hat der Arzt die Möglichkeit der digitalen Bildbearbeitung wie Filterung, Zoom, Vermessung, Kontrastoptimierung. Ganz besonders die farbliche Umsetzung des Bildes in der Falschfarbentechnik stellt eine wesentliche Hilfe für die Diagnose dar. Weiterhin kann ein mit einer Tastaturmaus steuerbares Fenster einen Ausschnitt selektieren, der dann vergrößert an der Seite des Bildes 9 sichtbar ist. Ein weiteres Element der Zusatzeinrichtung 2 ist die Möglichkeit, daß mit Hilfe eines Mikrophons 12 die gesprochene Befundung sofort digitalisiert und dem digitalen Bild 9 auf dem Transfermedium 11 hinzugefügt werden kann.

In der Zusatzeinrichtung 3 ist die schriftliche Niederlegung des Befundes über eine Sprachwiedergabe möglich. Weiterhin ist an dieser Station ein gemeinsamer Ausdruck von Befund und Bild 9 möglich, wodurch eine wichtige logistische Forderung erfüllt wird. Die Zusatzeinrichtung 3 weist zusätzlich noch einen Speicher zur Archivierung von Bild und Text auf.

Die Zusatzeinrichtung 4 eröffnet die Möglichkeit, die gesamte Einheit von Bild, Text und Ton mit Hilfe einer angedeuteten elektronischen Datenübertragung 13 elektronisch sowohl intern als auch extern zu versenden und zu empfangen, was für wissenschaftliche Diskussionen und beratende Funktionen neue Dimensionen eröffnet. Dabei ist es denkbar, daß die Sende- und die Empfangsstation in einen Dialog miteinander treten können, indem beispielsweise von der Sendestation aus mittels einer Maus ein Pfeil auf dem Bildschirm der Empfangsstation bewegt wird. Für den Sendevorgang wird dabei zunächst das Transfermedium 11 mit den zu übermittelten Daten in die Zusatzeinrichtung 4 eingesetzt, aus dem dann die Daten für die Übertragung herausgelesen werden.

Eine vierte, allerdings nicht dargestellte Zusatzeinrichtung dient der Bildarchivierung, so daß universelle Archivierungsmöglichkeiten bestehen.

Eine fünfte, jedoch ebenfalls nicht dargestellte Zusatzeinrichtung sieht eine Monitorwand vor, mittels der das digitalisierte Bild 9 vergrößert beispielsweise für eine Arztkonferenz dargestellt werden kann.

Auf den Bildschirmen 10 des Systems ist es möglich, mehrere digitale Bilder 9 gemeinsam auf den jeweiligen Bildschirm in der Art eines Mosaiks erscheinen zu lassen, um ein bestimmtes Bild 9 für eine Vergrößerung auszuwählen.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Basiseinrichtung
- 2 Zusatzeinrichtung
- 3 Zusatzeinrichtung
- 4 Zusatzeinrichtung

5 Abtasteinrichtung  
 6 Bildvorlage  
 7 Mensch  
 8 Leuchtkasten  
 9 Bild  
 10 Bildschirm  
 11 Transfermedium  
 12 Mikrophon  
 13 elektronische Datenübertragung

K1 Kurve  
 K2 Kurve

S1 Strahlendosis  
 S2 Strahlendosis

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Digitalisierung von analogen Röntgenbildern in der Röntgendiagnostik, bei dem das als Vorlage dienende analoge Röntgenbild optisch abgetastet und die so gewonnenen Intensitäts-Analogwerte in Digitalwerte transformiert werden, dadurch gekennzeichnet, daß ein analoges Röntgenbild verwendet wird, welches durch Strahlendosisreduktion unterbelichtet ist. 20
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterbelichtung ungefähr 30 bis 60% beträgt. 25
3. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2, mit einer Einrichtung, welche das als Vorlage dienende analoge Röntgenbild (9) unter optischer Abtastung digital aufzeichnet und speichert sowie gegebenenfalls auf einem Bildschirm (10) sichtbar macht, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung eine Basiseinrichtung (1) ist, der mit dieser sowie gegebenenfalls untereinander logistisch verknüpfte, modularartige Zusatzeinrichtungen (2 bis 4) zur weiteren Bearbeitung der digitalisierten Bilder (9) zugeordnet sind. 30 35 40
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die logistische Verknüpfung der modularartigen Zusatzeinrichtungen (2 bis 4) mit der Basiseinrichtung (1) sowie gegebenenfalls untereinander durch ein separates Transfermedium (11) erfolgt, welches in der Basiseinrichtung (1) mit dem digitalen Bild (9) beispielbar sowie in die entsprechenden Einrichtungen für die weitere Bearbeitung einsetzbar ist. 45
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Transfermedium (11) eine Wechselfestplatte ist. 50
6. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die logistische Verknüpfung der modularartigen Zusatzeinrichtungen (2 bis 4) mit der Basiseinrichtung (1) sowie gegebenenfalls untereinander über ein Leitungssystem, insbesondere über ein bestehendes Telefonssystem erfolgt. 55
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß zum Speichern sowie automatischen Sichern der digitalisierten Daten des Bildes (9) gleichzeitig eine bedienerspezifische Codierung für den Datenschutz vorgesehen ist. 60
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß für die Codierung eine separate Code-Karte vorgesehen ist. 65
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtasteinrichtung

- (5) für die optische Abtastung der Bildvorlage (6) durch einen CCD-Zeilensensor erfolgt.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtasteinrichtung (5) für die optische Abtastung der Bildvorlage (6) derart mit Abstand oberhalb eines Leuchtkastens (8) zur Ausleuchtung der Bildvorlage (6) angeordnet ist, daß die Bildvorlage (6) sichtbar ist.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Basiseinrichtung (1) eine Einrichtung zur Optimierung des Bildes während des Prozesses der Digitalisierung in Abhängigkeit von dem Bildmotiv aufweist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Optimierung mittels eines Prescans und anschließender Bearbeitung der eingescannten Daten erfolgt.
13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß nach der Digitalisierung automatisch eine Filterung mit optimalen Filterparametern durchführbar ist.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß zur Rauschunterdrückung des Bildes (9) vorzugsweise während des Scannings mehrere digitalisierte Meßpunkte zu einem Meßpunkt mittelbar sind.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Basiseinrichtung (1) eine Einrichtung zum Anlegen eines Bildarchives mit Verwaltung aufweist.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 15, gekennzeichnet durch eine modularartige Zusatzeinrichtung (2) zur speziellen Bearbeitung des digitalisierten Bildes, wie insbesondere Filterung, Kantenanhebung, Zoom, Fenstertechnik, Vermessung, Kontrastoptimierung, farbige Darstellung des Kantensbildes mittels Farbcodierung.
17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der modularartigen Zusatzeinrichtung (2) eine Einrichtung zur Sprachaufzeichnung sowie Sprachspeicherung auf dem gleichen Medium wie für die Bildspeicherung zugeordnet ist.
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 17, gekennzeichnet durch eine modularartige Zusatzeinrichtung (3) zum Ausdruck des digitalisierten Bildes (9) sowie gegebenenfalls zur Niederlegung eines schriftlichen Kommentars zu dem Bild (9) sowie gegebenenfalls zur Wiedergabe eines gesprochenen Kommentars zu dem Bild (9).
19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die modularartige Zusatzeinrichtung (3) einen Speicher zur Archivierung von Bild und Text aufweist.
20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 19, gekennzeichnet durch eine modularartige Zusatzeinrichtung (4) zum internen oder externen Versenden oder Empfangen des digitalisierten Bildes sowie gegebenenfalls eines schriftlichen und/oder gesprochenen Kommentars zu dem Bild.
21. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Send- und der Empfangsstation ein Dialog möglich ist.
22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 21, gekennzeichnet durch eine modularartige Zusatzeinrichtung für die Bildarchivierung.
23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 22, gekennzeichnet durch eine Monitorwand für die Darstellung des digitalisierten Bildes (9).

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere digitale Bilder (9) gemeinsam auf einem Bildschirm (10) mosaikartig darstellbar sind und daß aus diesen digitalen Bildern (9) eines für eine Vergrößerung auf dem Bildschirm (10) auswählbar ist. 5

25. Verwendung einer Falschfarbencodierung insbesondere von Röntgenbildern nach Anspruch 16 zur Schaffung von künstlerischen Bildern.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



Fig. 1

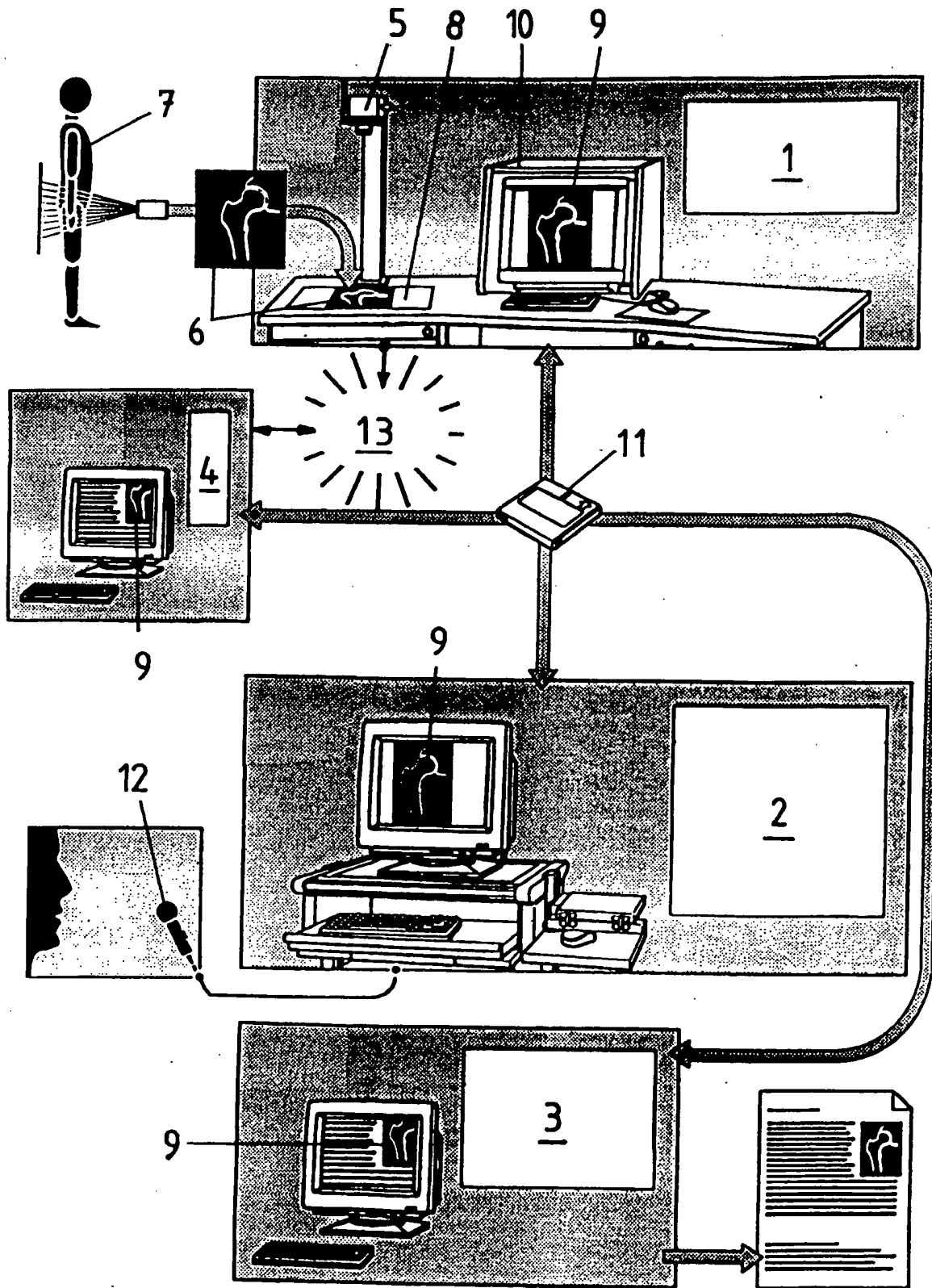
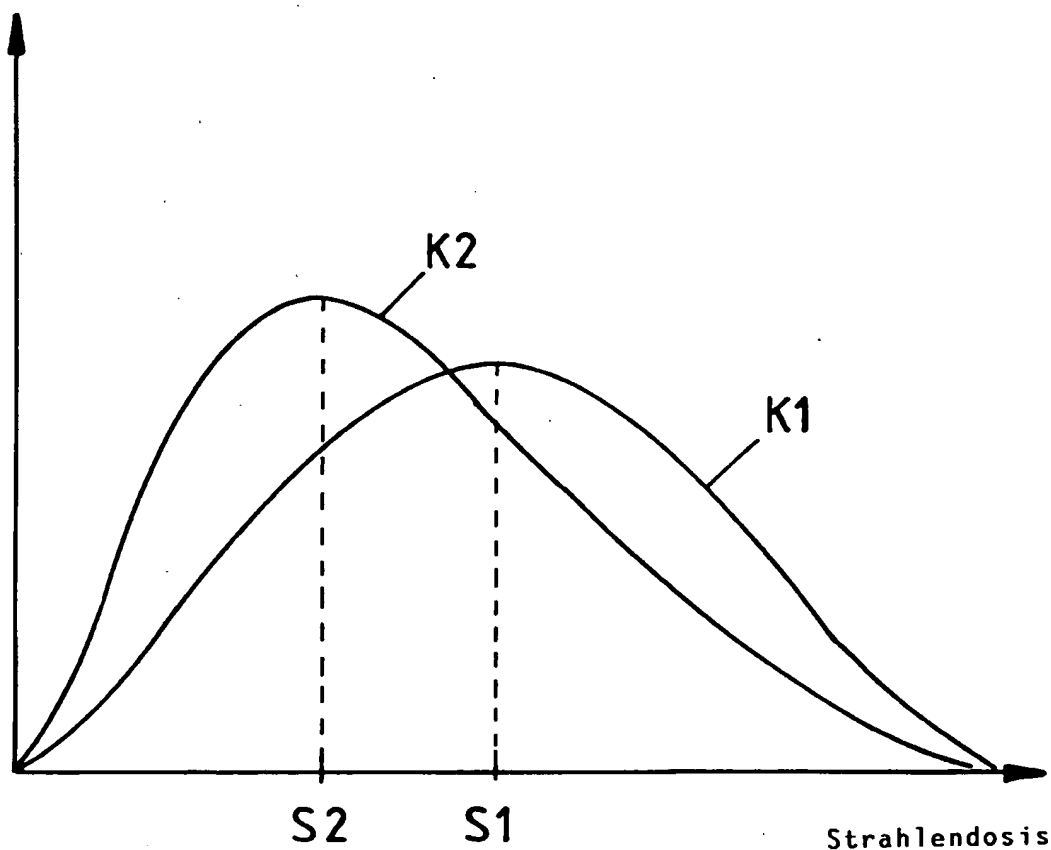


Fig. 2

Diagnostische  
Leistungsfähigkeit



METHOD AND APPARATUS FOR DIGITIZING  
ANALOG X-RAY IMAGES IN X-RAY DIAGNOSTICS

Thomas Wittmer et al.

FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY

GERMAN PATENT OFFICE

PATENT NO. DE 42 03 447 A1

Offenlegungsschrift

Int. Cl.<sup>5</sup>: G 06 F 15/64  
A 61 B 6/00

Filing No.: P 42 03 447.7

Filing Date: February 7, 1992

Laid Open to Public Inspection: August 12, 1993

METHOD AND APPARATUS FOR DIGITIZING ANALOG X-RAY IMAGES  
IN X-RAY DIAGNOSTICS

[Verfahren und Vorrichtung zur Digitalisierung von analogen Röntgenbildern  
in der Röntgendiagnostik]

Inventors: Thomas Wittmer et al.

Applicant: Digital Diagnostik in Deutschland  
GmbH

Examination request per § 44 PatG has been filed

The invention pertains to a method for digitizing analog X-ray images in X-ray diagnostics, in which the analog X-ray image serving as the original is optically scanned and the analog intensity values thus obtained are transformed into digital values. The invention further pertains to an apparatus for carrying out the method.

For diagnostic questions in medicine today, most X-ray images are still produced conventionally. The doctor can then observe the X-ray image available to him with backlighting by means of a light box and produce his diagnosis. To an increasing extent, however, a digital method with a secondary X-ray image digitization is finding application. This means that the conventional analog X-ray image original is optically scanned by means of a scanner and the analog intensity values are transformed into digital values and stored on a corresponding storage

---

<sup>1</sup> [No pagination in the original text.]

1 medium. The previously analog X-ray image is thus available in digitized form and can be  
2 processed by means of modern microprocessor technology and, in particular, reproduced on a  
3 video screen, so that the physician can make the diagnosis in this way.

4 For X-ray images the diagnostic power depends, among other things, on the radiation  
5 dosage with which the film was exposed. If the radiation time is too long, then the X-ray film is  
6 overexposed and the contours on the X-ray image appear too dark. Conversely, if the irradiation  
7 time is too short, the X-ray image is underexposed and the X-ray image is presented too light, so  
8 that the contours correspondingly appear too light. In both cases the diagnostic power is not  
9 optimal, so that the physician is not able to read out the desired information from the image in  
10 certain circumstances. The objective must therefore be to set the diagnostic power as high as  
11 possible but at the same time to keep the patient's radiation exposure as low as possible. To  
12 achieve an optimal diagnostic power, a certain radiation dosage is thus necessary. A certain  
13 exposure of the patient to radiation is coupled thereto. For optimization with conventional X-ray  
14 films, guidelines were ascertained which defined the radiation exposure time so that with these  
15 standards an ideal exposure of the X-ray film with optimal diagnostic power is achieved.

16 Starting from this background, the problem of the invention is to create an improved  
17 method for preparing X-ray images in X-ray diagnostics with at least equal image quality while  
18 reducing the radiation exposure of the patient; additionally, an apparatus for carrying out the  
19 method is to be created.

20 As a technical solution, the invention proposes methodologically that an analog X-ray  
21 image be used that is underexposed due to radiation dosage reduction.

22 A method for preparing X-ray images in X-ray diagnostics that is constructed according  
23 to this technical teaching has the quite surprising and paradoxical advantage that, despite a  
24 radiation dosage reduction and thus reduced radiation exposure for the patient, a better digitized  
25 X-ray image is or can be reproduced on the video screen than was possible with X-ray films that  
26 were optimally exposed according to previous understandings. In this case, the starting point for  
27 digitization of the analog X-ray image is an X-ray image that is deliberately underexposed, i.e.,  
28 too light. The assessment criterion that the analog X-ray image original is underexposed is that  
29 there is a deviation in the direction towards a lighter image, more particularly, from an optimally  
30 exposed analog X-ray image for an optimal diagnostic power for a conventional diagnosis using  
31 a light box. Thus, an underexposure is present if the radiation dosage or radiation exposure time  
32 indicated by the guidelines for optimizing a conventional X-ray image is not reached. It therefore  
33 turns out that by virtue of digitization, despite a lower-intensity and thus lighter X-ray image  
34 original, an X-ray image on the video screen is obtained that is better in quality than if the X-ray  
35 image had been "optimally" exposed. This optimization of the digitized X-ray image reproduced

1 on the video screen can be obtained by an appropriate adaptation of the gradation stage to the  
2 brightness contrasts in the X-ray image.

3 The underexposure is preferably 30-60%. The magnitude of the underexposure depends  
4 on the areas to be imaged. To the nearest order of magnitude, however, it can be stated that  
5 approximately half the otherwise normal radiation dosage suffices to achieve even better X-ray  
6 images. Correspondingly, the radiation exposure for the patient is reduced to half. It goes without  
7 saying that it is conceivable in certain cases that the underexposure may lie outside the indicated  
8 range.

9 Starting from an apparatus with a device which, using optical scanning, digitally records  
10 the analog X-ray image serving as an original and stores it, as well as, optionally, displaying it  
11 on a video screen, it is proposed for performing the method according to the invention that this  
12 device is a base device, to which are associated additional devices for further processing of the  
13 digitized images, these devices being logistically linked to the base device as well as, optionally,  
14 to one another.

15 This system can be implemented without problems on the basis of modern  
16 microprocessor technology and opens the possibility, starting from an underexposed analog  
17 X-ray image original, of processing X-ray images digitally in an effective manner so as to arrive  
18 at an optimum X-ray image despite radiation reduction, "processing" being understood in the  
19 broadest sense. It thus makes sense to use the system of the invention even in a small medical  
20 practice, since the module system makes it possible to have a complete system for particular  
21 needs because the user has the possibility of selecting the separate components of the system  
22 with the modular add-on devices individually, according to his needs. All components can also  
23 be integrated into existing systems, so that a high degree of flexibility is provided. An important  
24 aspect here is that devices may be spatially separated from one another, but they are logistically  
25 linked together. Moreover, microprocessor technology offers a number of additional advantages  
26 such as networkability, a variety of available software, modular construction and so on.

27 In a preferred refinement, it is proposed that the logical linkage of the modular add-on  
28 devices to the base device and optionally to one another be accomplished through a separate  
29 transfer medium, on which the digitized image can be recorded and which can be used in the  
30 corresponding add-on devices for further processing. An economical possibility of  
31 communication without complex network management is provided by this portable image  
32 transfer medium. The basic storage is preferably done in the base unit of the system on, for  
33 instance, an optical disk, from where data copies onto the transfer medium are made.  
34 Subsequently a transmission of the image jointly with text and sound, if applicable, is possible  
35 without problems.

1       The transfer medium is preferably an interchangeable hard disk. With such an image  
2 cassette, a number of digitized X-ray images, possibly with text and sound, can be stored.

3       As an alternative to the separate storage medium, it is proposed in one refinement that the  
4 logistical linkage of the modular add-on devices to the base device and, optionally, to one  
5 another be accomplished via a system of lines, specifically, an existing telephone system. In that  
6 way as well, an easy opportunity for the devices of the system to communicate with one another  
7 is created without a special network having to be installed.

8       Another preferred refinement proposes that for the storage and the automatic backup of  
9 the digitized image data, a user-specific coding for data privacy protection be provided place  
10 simultaneously. In this way the requirements for data privacy protection are met by the  
11 user-specific encoding and, in particular, for all system components. Since the protection takes  
12 simultaneously during storage in the base unit, operation of the add-on devices must be preceded  
13 by the appropriate authorization before the data are made accessible. This is based on the idea of  
14 device sharing: several physicians can use one base device jointly without confusion of  
15 patient-specific data or physician-specific data storage units occurring.

16       A separate code card is preferably provided for the encoding. This is a simple possibility  
17 for making the device in question accessible to the respectively correct operator.

18       Another preferred refinement proposes that the scanning device for optical scanning of  
19 the original image take place through a CCD line sensor. This CCD [charge-coupled device] line  
20 sensor operates on the basis of the photo effect, in which the charge generated by ionization is  
21 read out.

22       Another preferred refinement of the scanning device for optical scanning of the original  
23 image proposes that it be arranged a sufficient distance above a light box for illuminating the  
24 original image so that the original image is visible. The arrangement is thus similar to that of an  
25 overhead projector, with the possibility of simultaneously using the light box such that the  
26 original image, the X-ray image for example, can be viewed as is without reliance on the  
27 digitized reproduction on the video screen.

28       An advantageous refinement of the base device proposes that the latter has a device for  
29 optimizing the image during the digitization process as a function of the image motif. The  
30 optimization of the X-ray image with respect to different gradation curves as well as a histogram  
31 equalization depends on the respective medical issue, for instance, whether a diagnosis is to be  
32 performed on the basis of a pelvic image or a thoracic image.

33       The optimization is preferably accomplished by means of a prescan and subsequent  
34 processing of the scanned-in data.

35       Another advantageous refinement of the base device proposes that filtering with optional  
36 filter parameters can be performed automatically after digitization. This edge enhancement after

1 scanning is performed as a function of the diagnostic issue. The diagnostician then automatically  
2 has available an image adjusted to the optimal filter parameters, as well as the original image.

3 One problem in the digitization of images is noise suppression. The background of this  
4 effect is the fact that, in addition to the aforementioned CCD line sensor, what is known as an  
5 analog-digital converter is also crucial to the digitization of film. Based on their memory depth,  
6 the 10-bit A-D converters currently in use permit 1024 different grayscales. Due to noise effects  
7 in measurement, however, this range cannot be significantly exploited, but is instead determined  
8 by the signal-to-noise ratio, which is referred to as the dynamic range and lies at roughly 500.  
9 For this reason, it is proposed in a refinement of the invention that, for noise suppression of the  
10 image, several digitized measurement points be averaged into one, preferably during the  
11 scanning. To achieve this, the ordinary matrix size of  $2048 \times 2048$  dots can be quadrupled to  
12  $4096 \times 4096$  and then each 4 dots averaged to one. This has a similar effect for noise suppression  
13 to the effect of averaging over 4 measurements on the same object. Thereby a dynamic range of  
14 roughly 900 results.

15 It is also proposed in a refinement of the base device that the latter comprise a device for  
16 creating an image archive with management thereof. Such an image archive with a patient index  
17 allows quick and uncomplicated access to the stored images.

18 A preferred refinement of the invention proposes a first modular add-on device for  
19 special processing of the digitized image such as, in particular, filtering edge enhancement,  
20 zoom, window technology, measurement, contrast optimization, color representation of the edge  
21 image by means of color coding. These opportunities for digital image processing make it  
22 possible for the physician to make an optimal diagnosis. The pseudo-color coding of the  
23 digitized image plays a significant role here, the colored representation of the edge image by  
24 means of color coding particularly facilitating the diagnosis. To activate the zoom, for instance, a  
25 controllable window can select by means of a keyboard mouse a section that is then visible in  
26 enlarged form at the side of the image.

27 A preferred refinement of this first modular add-on device proposes that the latter  
28 comprise a device for recording and storing speech on the same medium as that which is  
29 assigned to image storage. Thus the image and the diagnosis are archived in a single process, by  
30 immediately digitizing the spoken diagnosis and appending it to the digital image. A microphone  
31 as used for dictation equipment can serve for voice recording.

32 In an additional refinement of the invention, a second modular add-on device is proposed  
33 for printing out the digitized image and, optionally, for recording a written comment on the  
34 image as well as, optionally, replaying a spoken comment on the image. The recording of a  
35 written comment on the image can be accomplished via a suitable word processor. Thus a joint  
36 printout of data and image is possible, which meets an important logistical requirement.



1 A refinement of this second modular add-on device proposes that the latter comprise a  
2 memory for archiving image and text.

3 An additional refinement of the invention proposes a third modular add-on device for  
4 internal or external transmission or reception of the digitized image as well as, optionally, a  
5 written and/or spoken comment on the image. Thereby a combined unit for image, text and  
6 sound is created, which can be employed universally at the respective desired site. This opens up  
7 entirely new dimensions for scientific discussions or advisory functions. This takes advantage of  
8 the fact that international networking for electronic data transmission is gaining greater and  
9 greater importance. The opportunities for data exchange via the ISDN distribution network of the  
10 German Federal Post Office have also been considerably enhanced.

11 A refinement of this proposes that dialog be possible between the transmitting and the  
12 receiving station. This might take the appearance, for instance, that a marker such as an arrow on  
13 the video screen of the receiving station can be moved from the transmitting station in order to  
14 draw attention to certain points on the video screen.

15 A fourth modular add-on device is proposed the archiving of images. Thereby the  
16 archiving possibilities of the over all system are considerably enhanced.

17 In a fifth add-on device a monitor wall for displaying the digitized image is proposed.  
18 This is extraordinarily well suited to physicians' meetings and image conferences.

19 An additional refinement of the system according to the invention proposes that several  
20 digital images can be jointly presented in the manner of a mosaic on one video screen and that  
21 one of these digital images can be selected for enlargement on the video screen. Thereby the  
22 physician can quickly gain an overview of the X-ray images available in order to then select one  
23 for diagnostic purposes by activating it with a mouse operation.

24 Finally, the use of a pseudo-color coding is proposed, particularly of X-ray images to  
25 create artistic images. These artistic images are color graphics, more particularly, computer  
26 graphics. This constitutes a simple and, moreover, an effective possibility for creating artistic  
27 images where manipulations of the image to be created can be done and undone without  
28 difficulty.

29 The above-described characteristics of the invention in all its refinements, as expressed  
30 below in Claims 1-23, each represent autonomous inventions that are independent of the other  
31 characteristics and, in particular, also independent of the teaching of the invention according to  
32 the main claim.

33 An embodiment of the apparatus according to the invention for digitizing X-ray images  
34 in X-ray diagnostics will be described below on the basis of the drawings. Shown therein are:  
35 Figure 1, a schematic overall flow diagram of the invention as a whole; and  
36 Figure 2, a graphic display.

1 The radiological diagnosis and communications system consists of five different units,  
 2 namely a base device 1 and three add-on devices 2-4, a fourth add-on device for the archiving of  
 3 images and a fifth add-on device in the form of a monitor wall not being represented.

4 At the very top in Figure 1, base device 1 is shown. It consists of a scanner device 5 for  
 5 digitizing an original image 6, which in the illustrated embodiment is a conventional X-ray film  
 6 that was prepared for diagnostic purposes by people 7, also indicated. Associated with scanner  
 7 device 5 is a light box 8 on which original image 6 lies, scanner device 5 being arranged a  
 8 distance above light box 8 and thus original image 6. This brings the advantage that original  
 9 image 6 can be viewed while lying on light box 8.

10 Scanner device 5 for digitizing original image 6 comprises, in addition to a CCD line  
 11 sensor, an A-D converter with 1024 different greyscales. Due to noise effects in measurement,  
 12 however, this range cannot be significantly exploited, but is instead determined by the  
 13 signal-to-noise ratio, which is referred to as the dynamic range and lies at roughly 500. To  
 14 increase this dynamic range to roughly 900 and thus carry out noise suppression, a scan with  
 15  $4096 \times 4096$  dots instead of  $2048 \times 2048$  dots is carried out and then each 4 measurement points  
 16 are averaged to one, which has a similar effect for noise suppression to the effect of averaging  
 17 over 4 measurements on the same object. Thereby the aforementioned dynamic range of roughly  
 18 900 results, which however varies slightly from measurement to measurement.

19 Already during the process of digitization of original image 6, a process of image  
 20 optimization (different gradation curves, histogram equalization) is performed independently of  
 21 the medical procedure in question (pelvis, thorax, etc.). This is done with the aid of a prescan and  
 22 subsequent immediate processing of the linewise scanned-in data. The special aspect of the  
 23 digitization of analog original image 6 is that the X-ray image is underexposed in comparison to  
 24 conventional X-ray images, i.e., too light. This excessively light original X-ray image is achieved  
 25 by reduction of radiation dosage and thus by a lower radiation exposure for the patient. Despite  
 26 the underexposed original X-ray image, one achieves an X-ray image with better diagnostic  
 27 capacities after processing than if the physician were viewing an analog X-ray image, optimally  
 28 exposed according to the guidelines, on a light box.

29 This paradox is to be explained on the basis of Figure 2. In the diagram there, the  
 30 radiation dosage, and thus the radiation exposure for the patient, is plotted on the abscissa, and  
 31 the diagnostic power is plotted on the ordinate. Curve K1 shows the two dependencies for a  
 32 conventional X-ray film. With regard to the radiation dosage S1, an optimum is achieved in  
 33 diagnostic power, while to the left thereof the X-ray film is too light and to the right thereof it is  
 34 too dark, so that the contours can no longer be clearly distinguished, which leads to a reduced  
 35 diagnostic power.

Curve K2 shows the situation for the present system according to the invention, in which the analog original X-ray image is optically scanned by means of an appropriate scanner and transferred to a digital form. It is recognizable here that, surprisingly, the optimal diagnostic power is achieved at a lower radiation dosage S2. By conventional criteria (curve K1) the original X-ray image would thus be underexposed, i.e., too light, and under certain circumstances could not be utilized for a conventional diagnosis with the assistance of a light box. Paradoxically, a diagnostic power is achieved with the system according to the invention that is above the diagnostic power achievable with the conventional method. Thus, a better diagnostic power is achieved by means of a lower radiation dosage and therefore a lower radiation exposure for the patient.

After digitization, a filtering process with optimal filter parameters is carried out as a function of the diagnostic issue. Thus, an optimally adjusted image is available to the physician.

The thusly digitized image 9 of the original image 6 can be seen on a video screen 10 of the base device 1.

Following digitization, there is the formation, with backup, of an image archive with a patient index. Storage is done on an optical disk in this case. This storage medium, which can be overwritten and not erased, is permanently integrated into base device 1 and is a component thereof. Nonetheless, it is conceivable to remove the optical disk from base device 1. The automatic backup of the digitized data on the optical disk can be done specifically to the target physician. This is the idea of device sharing, in which several doctors can jointly use the base device 1 without the occurrence of confusing of patient-specific data or physician-specific data memories.

Alongside the optical disk belonging permanently to base device 1, there is a transfer medium 11 in the form of an interchangeable disk. The stored digitized data on the optical disk of base device 1 is copied securely to this transfer medium 11. Transfer medium 11 represents the logistic linkage of base device 1 to add-on devices 2-4, as will be discussed in greater detail below.

Add-on devices 2-4 are spatially separated from, but logistically linked to, base device 1. The logistic linkage is accomplished by the aforementioned transfer medium 11 in the form of an image cassette, which is schematically indicated in the drawing. This implies that transfer medium 11 with digitized image 9 stored therein can be supplied to the respective add-on device 2-4 and the stored image 9 can be read out, as indicated in the drawing. Just like base device 1, add-on devices 2-4 consist of modules which are appropriately modified for the respective purposes.

By means of add-on device 2, the physician has the possibility of digital image processing such as filtering, zooming, measurement or contrast optimization. Especially the color

conversion of the image using pseudo-color technology constitutes an essential aid to diagnosis. Additionally, a mouse-controllable window can select a section that is then visible in enlarged form at the side of image 9. Another element of add-on device 2 is the possibility that the spoken findings can be immediately digitized with the aid of a microphone 12 and appended to digital image 9 on transfer medium 11.

In add-on device 3, written recording of the diagnosis via voice playback is possible. Furthermore, a joint printout of the diagnosis and image 9 is possible at this station, whereby an important logistic requirement is met. Add-on device 3 also comprises a storage system for archiving image and text.

Add-on device 4 opens the possibility of internally and externally transmitting and receiving the entire unit of image, text and sound with the aid of an indicated electronic data transfer 13, which opens up new dimensions for scientific discussions and advisory functions. It is also conceivable for transmitting and receiving stations to enter into a dialog with one another in that, for instance, an arrow on the video screen of the receiving station can be moved from the transmitting station by means of a mouse. For the transmission process, transfer medium 11 with the data to be transferred, from which data for transfer can be read out, is first inserted into ad-on device 4.

A fourth add-on device, not shown however, serves for the archiving of images, so that universal archiving possibilities exist.

A fifth add-on device, likewise not shown, provides a monitor wall, by means of which digitized image 9 can be displayed in enlarged form for a physicians' conference, for example.

On the video screens 10 of the system, it is possible to have several digital images 9 appear jointly on the respective video screen in the manner of a mosaic so as to select a given image 9 for enlargement.

#### List of reference symbols

1	Base device
2	Add-on device
3	Add-on device
4	Add-on device
5	Scanner device
6	Original image
7	Person
8	Light box
9	Image
10	Video screen

1	11	Transfer medium
2	12	Microphone
3	13	Electronic data transfer
4	K1	Curve
5	K2	Curve
6	S1	Radiation dosage
7	S2	Radiation dosage

8

9 Claims

10           1. Method for digitizing analog X-ray images in X-ray diagnostics, in which the X-ray  
 11 image serving as an original is optically scanned and the analog intensity values thus obtained  
 12 are transformed into digital values, characterized in that an analog X-ray image that is  
 13 underexposed due to radiation dosage reduction is employed.

14           2. Method according to Claim 1, characterized in that the underexposure amounts to  
 15 30-60%.

16           3. Apparatus for carrying out the method according to Claim 1 or 2 with a device that  
 17 digitally records the analog X-ray image (9) being optically scanned and stores it, as well as  
 18 optionally making it visible on a video screen (10), characterized in that the device is a base  
 19 device (1), to which are associated modular add-on devices (2-4), linked to it as well as  
 20 optionally to one another, for further processing of digitized images (9).

21           4. Apparatus according to Claim 3, characterized in that the logistic linkage of modular  
 22 add-on devices (2-4) to base device (1) as well as optionally to one another takes place via a  
 23 separate transfer medium (11), on which digital image (9) can be recorded in base device (1), and  
 24 which can be employed in corresponding devices for further processing.

25           5. Apparatus according to Claim 4, characterized in that transfer medium (11) is an  
 26 interchangeable hard disk.

27           6. Apparatus according to Claim 3, characterized in that the logistic linkage of modular  
 28 add-on devices (2-4) to base device (1) as well as optionally to one another takes place via a  
 29 system of lines, particularly via an existing telephone system.

30           7. Apparatus according to one of Claims 3-6, characterized in that, for storage as well as  
 31 for automatic backing up of the digitized data of image (9), a user-specific coding for data  
 32 privacy protection is simultaneously provided.

33           8. Apparatus according to Claim 7, characterized in that a separate code card is provided  
 34 for the coding.

35           9. Apparatus according to one of Claims 3-8, characterized in that scanning device (5) for  
 36 optical scanning of original image (6) takes place through a CCD line sensor.

1           10. Apparatus according to one of Claims 3-9, characterized in that scanning device (5)  
2 for optical scanning of original image (6) is arranged above a light box (8) for illuminating  
3 original image (6) at a distance such that original image (6) is visible.

4           11. Apparatus according to one of Claims 3-10, characterized in that base device (1)  
5 comprises a device for optimizing the image during the process of digitization as a function of  
6 the image motif.

7           12. Apparatus according to Claim 11, characterized in that the optimization is done by  
8 means of a prescan and subsequent processing of the scanned-in data .

9           13. Apparatus according to Claim 11 or 12, characterized in that a filtering with optimal  
10 filter parameters can be automatically conducted after digitization.

11           14. Apparatus according to one of Claims 3-13, characterized in that several digitized  
12 measurement points can be averaged to one, preferably during the scanning, for noise  
13 suppression of image (9).

14           15. Apparatus according to one of Claims 3-14, characterized in that base device (1)  
15 comprises a device for preparing an image archive with management.

16           16. Apparatus according to one of Claims 3-15, characterized by a modular add-on  
17 device (2) for special processing of the digitized image, such as filtering, edge enhancement,  
18 zooming, window technology, measuring, optimizing contrast or colored representation of the  
19 edge image by means of color coding.

20           17. Apparatus according to Claim 16, characterized in that modular add-on device (2)  
21 comprises a device for recording and storing speech on the same medium as that which is  
22 assigned to image storage.

23           18. Apparatus according to one of Claims 3-17, characterized by a modular add-on  
24 device (3) for printing out digitized image (9) and, optionally, for recording a written comment  
25 on image (9) as well as, optionally, replaying a spoken comment on image (9).

26           19. Apparatus according to Claim 18, characterized in that modular add-on device (3)  
27 comprises a memory for archiving image and text.

28           20. Apparatus according to one of Claims 3-19, characterized by a modular add-on  
29 device (4) for internal or external transmission or reception of the digitized image as well as,  
30 optionally, a written and/or spoken comment on the image.

31           21. Apparatus according to Claim 20, characterized in that a dialog is possible between  
32 the transmitting and the receiving station.

33           22. Apparatus according to one of Claims 3-21, characterized by a modular add-on  
34 device for the archiving of images

35           23. Apparatus according to one of Claims 3-22, characterized by a monitor wall for  
36 displaying digitized images (9).

1           24. Apparatus according to one of Claims 3-23, characterized in that several digital  
2 images (9) can be jointly presented in the manner of a mosaic on one video screen (10) and that  
3 one of these digital images (9) can be selected for enlargement on video screen (10).

4           25. Use of pseudo-color coding, particularly of X-ray images according to Claim 16 for  
5 creating artistic images.  
6

Fig. 1

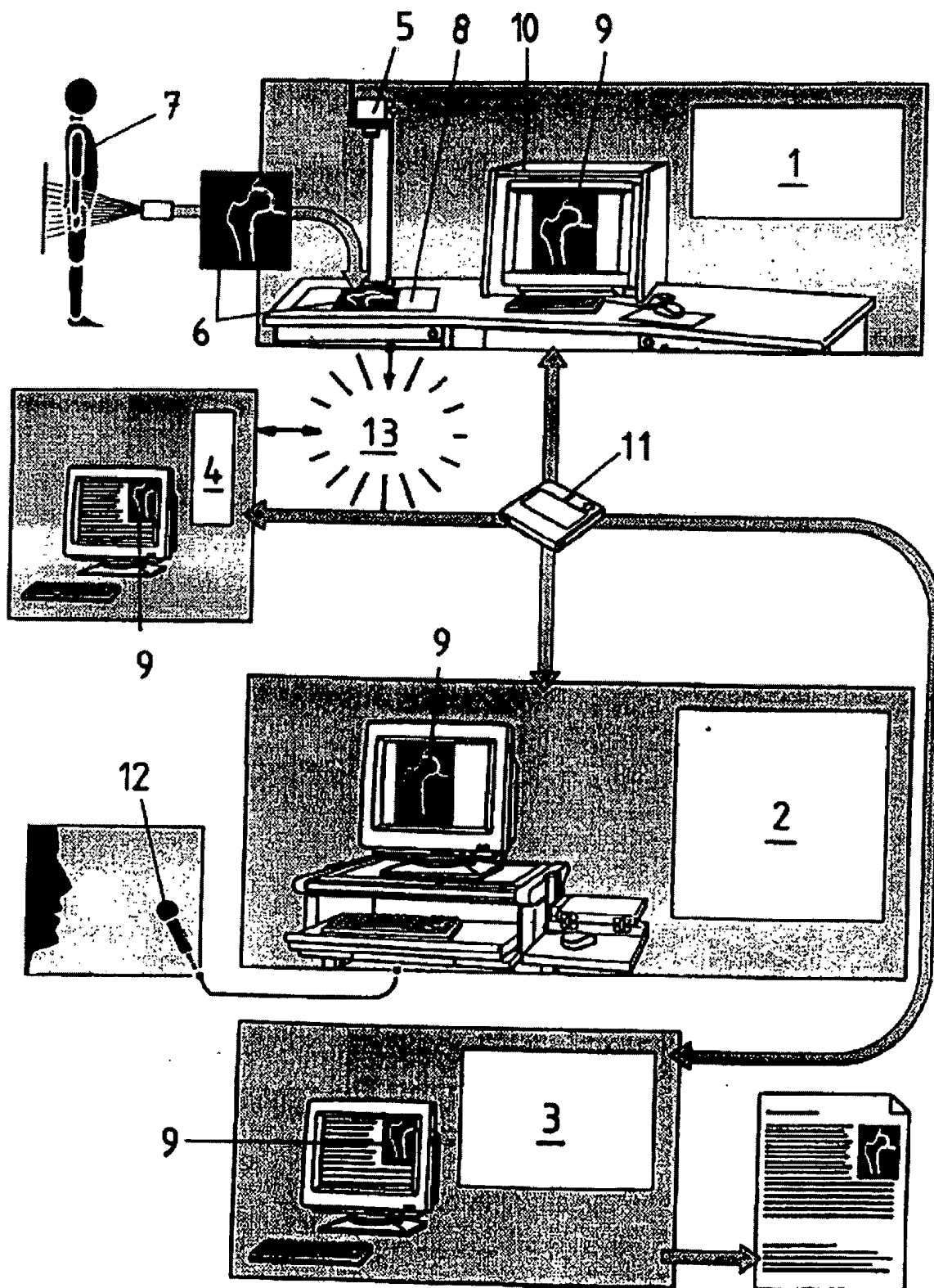


Figure 1



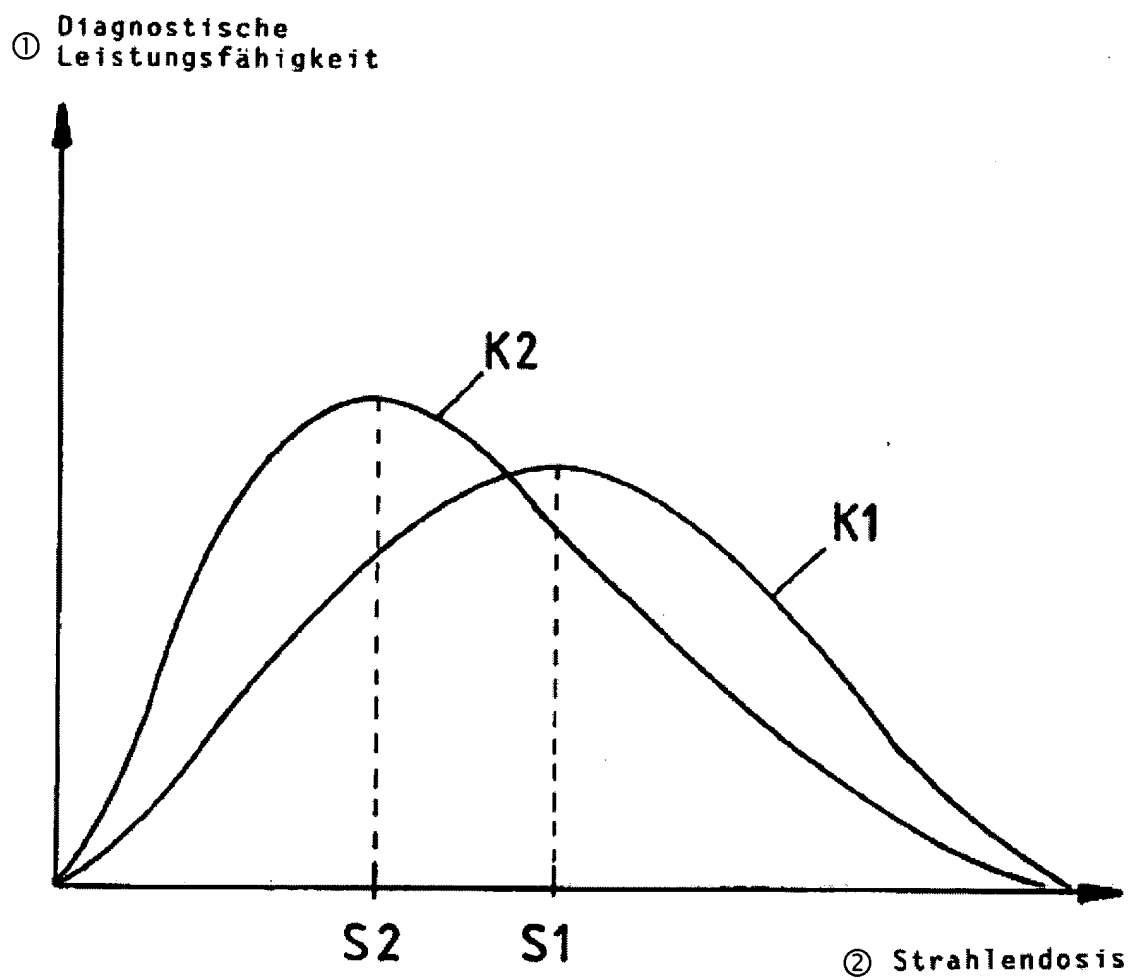


Figure 2

- 1  
2  
3  
4 Key: 1 Diagnostic power  
5 2 Radiation dosage